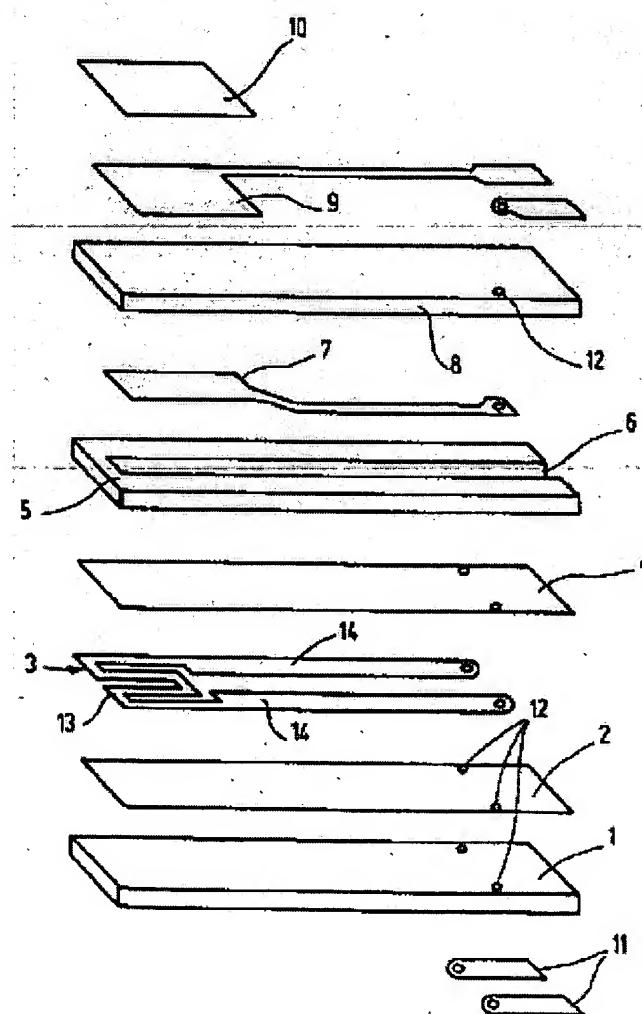


**Screen-printing paste used to make flat ceramic components for lambda sensors used especially in vehicles, includes magnesium titanate or its mixture with spinel, forsterite or magnesia**

**Patent number:** DE19937163  
**Publication date:** 2001-02-08  
**Inventor:** HEUSSNER KARL-HEINZ (DE)  
**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
**Classification:**  
- international: H01B3/12; H01L21/316; C04B35/462  
- european: H01B3/12, C04B41/50P46, G01N27/407B  
**Application number:** DE19991037163 19990806  
**Priority number(s):** DE19991037163 19990806

**Abstract of DE19937163**

The mineral content is MgTiO<sub>3</sub> or its mixture with spinel, forsterite or magnesia. An independent claim is included for the method of making the sensor element. A heater (3) on a carrier sheet (1) based on ZrO<sub>2</sub> is embedded in an insulating mass (4). The green assembly is sintered, the novel feature being that the insulating masses (2, 4) contain a mineral proportion based on a magnesium-containing oxide.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 199 37 163 A 1

⑯ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 B 3/12**  
H 01 L 21/316  
C 04 B 35/462

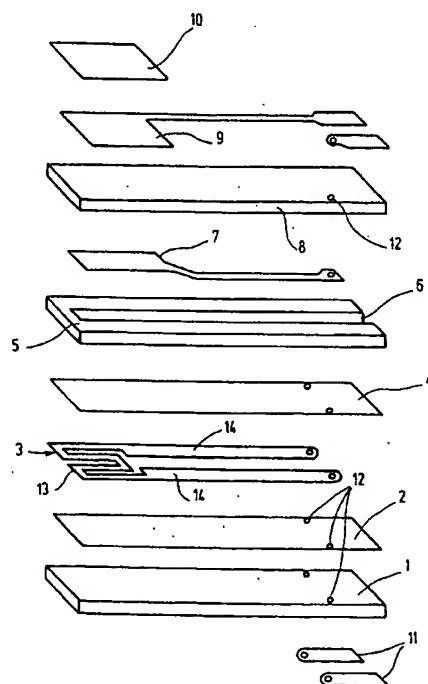
⑯ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Erfinder:  
Heussner, Karl-Heinz, Dr., 71229 Leonberg, DE

DE 199 37 163 A 1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑯ Siebdruckpaste für die Fertigung von planaren keramischen Elementen, keramisches Sensorelement und Verfahren zu dessen Herstellung  
 ⑯ Eine Siebdruckpaste für die Fertigung von planaren keramischen Elementen, insbesondere für die Fertigung eines Sensorelements, umfaßt einen mineralischen Anteil, der im wesentlichen aus einem magnesiumhaltigen Oxid, insbesondere MgTiO<sub>3</sub> besteht. Die Paste dient zur Herstellung von Isolationsschichten (2, 4) für die gasdichte Einbettung einer elektrischen Heizeinrichtung (3) des Sensorelements.



DE 199 37 163 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Siebdruckpaste für die Fertigung von planaren keramischen Elementen, ein keramisches Sensorelement und ein Verfahren zu dessen Herstellung.

Keramische Sensorelemente mit einem Träger auf Grundlage von Zirkoniumoxid und einer gegen den Träger elektrisch isolierten und luftdicht eingeschlossenen Heizeinrichtung, insbesondere für planare Lambdasonden, werden im Dickschichtverfahren durch Siebdruck von Funktionschichten auf ungesinterter  $\text{ZrO}_2$ -Folien und anschließendes Sintern hergestellt. Da das Zirkoniumoxid bei den Einsatztemperaturen derartiger Sensoren eine nicht vernachlässigebare elektrische Leitfähigkeit aufweist, werden als Isolationsschichten zwischen der Heizeinrichtung und den benachbarten  $\text{ZrO}_2$ -Folien porös sinternde Siebdruckpasten auf  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Basis eingesetzt, in die die Heizeinrichtung eingebettet wird.

Aufgrund der offenporigen Struktur der gesinterten Isolationsschichten ist ein seitlicher Dichtrahmen aus  $\text{ZrO}_2$  um die Heizeinrichtung und ihre Einbettung erforderlich, um eine ringsum gasdichte Oberfläche des Sensorelements zu erhalten. Nur dadurch können Verfälschungen der Referenzluft und ein korrosiver Angriff auf die Heizeinrichtung durch Abgasbestandteile vermieden werden.

Das Sinterverhalten der aktuell zur Einbettung der Heizeinrichtung verwendeten Materialien unterscheidet sich deutlich von dem der benachbarten  $\text{ZrO}_2$ -Folien. Da die Sinterschwindung dieser Materialien bei höheren Temperaturen einsetzt als die der  $\text{ZrO}_2$ -Folien, treten im Sensorelement Biegespannungen auf. Eine Verkrümmung des Sensorelements kann nur durch eine ausreichende Beschwerung vermieden werden. Zudem führt der geringere thermische Ausdehnungskoeffizient von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  von  $8,3 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  gegenüber  $10,0 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  bei  $\text{ZrO}_2$  beim Abkühlen von der Sintertemperatur auf Raumtemperatur zu bleibenden Zugspannungen im  $\text{ZrO}_2$ . Um zu verhindern, daß diese Zugspannungen im Laufe des Einsatzes des Sensors zur Rißbildung führen, werden als Einbettungsmaterial Zusammensetzungen verwendet, die zu einem porösen Gefüge mit geringem Elastomodul sintern, das nur eine geringe Zugbelastung auf umgebende  $\text{ZrO}_2$ -Schichten ausübt.

In DE 44 39 883 wurde Forsterit als Material für die elektrische Isolierung der Heizeinrichtung vorgeschlagen.

Das gegenwärtig zur Einbettung der Heizeinrichtung verwendete Material (ASB) wird in einem aufwendigen Verfahren aus den Komponenten  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  und  $\text{BaO}$  beziehungsweise  $\text{BaCO}_3$  hergestellt. Die Eigenschaften der daraus erhaltenen Pasten schwanken stark. Qualitätsprobleme in der Sensorelementfertigung liegen zum Teil in der schlechten Reproduzierbarkeit der Pasteigenschaften begründet.

## Vorteile der Erfindung

Durch die vorliegende Erfindung wird zum einen eine Siebdruckpaste für die Fertigung von planaren keramischen Elementen vorgeschlagen, die bei den zum Sintern von  $\text{ZrO}_2$  gebräuchlichen Temperaturen zu einem gasdichten Körper mit einem an den thermischen Ausdehnungskoeffizienten von  $\text{ZrO}_2$  angepaßten Ausdehnungskoeffizienten sinternt. Dies wird dadurch erreicht, daß der mineralische Anteil der Paste im wesentlichen  $\text{MgTiO}_3$  oder ein Gemisch von  $\text{MgTiO}_3$  mit ein oder mehreren anderen magnesiumhaltigen Oxiden, insbesondere  $\text{MgO}$ , Spinell oder Forsterit ist.

Es wird ferner ein Verfahren zum Herstellen eines Sen-

sorelements vorgeschlagen, das die Herstellung von Sensor-elementen mit einer Trägerfolie auf Grundlage von  $\text{ZrO}_2$  mit einer einfacheren Struktur erlaubt. Wenn nämlich bei einem Verfahren, bei dem zunächst ein Rohling des Sensorele-

ments hergestellt wird, indem eine Heizeinrichtung auf einer Trägerfolie auf Grundlage von  $\text{ZrO}_2$  in eine Isoliermasse eingebettet wird und dann der Rohling gesintert wird, eine Isoliermasse mit einem mineralischen Anteil auf Grundlage von  $\text{MgTiO}_3$  oder einem Gemisch von  $\text{MgTiO}_3$  mit einem oder mehreren anderen magnesiumhaltigen Oxiden verwendet wird, kann durch Sintern bei den für die Sinterung von  $\text{ZrO}_2$  üblichen Temperaturen aus der Isoliermasse ein gasdichter Sinterkörper erhalten werden, so daß die herkömmlichen seitlichen Dichtrahmen entfallen können, die bei Verwendung von Isoliermassen auf Grundlage von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  aufgrund von deren Porosität nach dem Sintern erforderlich sind.

Ein Sinterverhalten, das dem von  $\text{ZrO}_2$  sehr ähnlich ist, kann insbesondere mit einem mineralischen Anteil in Form von Magnesiumtitatanatpulver mit einer mittleren Korngröße von  $1,5\text{--}2,5 \mu\text{m}$  erreicht werden.

Vorzugsweise handelt es sich bei der Isoliermasse um die oben beschriebene Siebdruckpaste.

Für die Herstellung eines Sensors wird vorzugsweise eine erste Schicht dieser Paste auf die Trägerfolie auf Grundlage von  $\text{ZrO}_2$  gedrückt, darauf die Heizeinrichtung gedrückt und schließlich eine zweite Schicht der Paste auf die Heizeinrichtung gedrückt, um letztere einzubetten. Eine Überdeckung der Paste mit einer weiteren Folie aus  $\text{ZrO}_2$ -Material ist nicht unbedingt erforderlich, da die Paste gasdicht sinternt und so die darin eingebettete Heizeinrichtung vor Oxidation schützt.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Sensorelement mit einem Träger auf Grundlage von  $\text{ZrO}_2$  und einer gegen den Träger isolierten und luftdicht eingeschlossenen Heizeinrichtung vorgeschlagen, bei der die Heizeinrichtung in einem Körper aus Magnesiumtitatanat oder aus einem Gemisch von  $\text{MgTiO}_3$  mit Mg-haltigen Oxiden wie  $\text{MgO}$ , Spinell oder Forsterit eingebettet ist, der im wesentlichen den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie das  $\text{ZrO}_2$  des Trägers hat.

Vorzugsweise handelt es sich bei dem Sensorelement um ein Lambda-Sensorelement.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Figuren.

## Figuren

50 Fig. 1 zeigt in einer schematischen Explosionsdarstellung den Aufbau eines Lambda-Sensorelements;

Fig. 2 veranschaulicht das Schrumpfungsverhalten beim Sintern von Magnesiumtitatanat und  $\text{ZrO}_2$  in Abhängigkeit von der Temperatur;

55 Fig. 3 zeigt die Temperaturabhängigkeit der thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Magnesiumtitatanat und  $\text{ZrO}_2$ ; und

Fig. 4 zeigt die Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von Magnesiumtitatanat, Aluminiumoxid und  $\text{ZrO}_2$ .

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt in einer Explosionsdarstellung den Aufbau und die Herstellung eines Lambda-Sensors mit einem Sensorelement mit dichtsinternder Heizeinrichtung ohne Dichtrahmen. Auf einer als Heizerfolie 1 bezeichneten unteren Folie auf Grundlage von  $\text{ZrO}_2$  ist durch Siebdruck eine un-

tere Isolationsschicht aufgebracht, die einen mineralischen Anteil in Form von Magnesiumtitanatpulver mit einer mittleren Korngröße von 1,5–2,0 µm besitzt. Die Siebdruckpaste hat folgende Zusammensetzung:

- Magnesiumtitanatpulver: 20 bis 70 Gew.-%,
- Lösemittel: 20 bis 70 Gew.-%,
- Binder: 1 bis 15 Gew.-%,
- Weichmacher: 1 bis 15 Gew.-%.

Eine typische Zusammensetzung ist:

- 40 Gew.-% Magnesiumtitanatpulver,
- 50 Gew.-% organische Lösemittel,
- 70 Gew.-% organischer Binder,
- 3 Gew.-% organischer Weichmacher.

Als Lösemittel kommen beispielsweise Butylcarbitol oder Ethylhexanol in Frage, als Binder wurde Polyvinylbutyral verwendet; typische Weichmacher sind Dibutylphthalat oder Diocetylphthalat.

Eine Siebdruckpaste mit der oben angegebenen Zusammensetzung wird zum Beispiel hergestellt durch Homogenisieren in geeigneten Mischaggregaten wie zum Beispiel einer Kugelmühle, Mörsermühle, einem Dreizahlerwerk, einem Attritor oder Dissolver. Anschließend wird die Paste auf die ungesinterte keramische Heizerfolie 1 aufgedrückt.

Auf diese Schicht werden ebenfalls durch Siebdruck die elektrische Heizeinrichtung 3 in Form einer mäandernden Leiterbahn sowie Zuleitungen 14 für die Stromversorgung der Heizeinrichtung 3 aufgebracht. Darüber wird eine zweite Isolationsschicht 4 mit der gleichen Zusammensetzung wie die Isolationsschicht 1 gedrückt. Die Heizeinrichtung 3 ist somit ringsum in die Isolationsschichten 2 und 4 eingebettet. Die Zuleitungen 14 sind über Durchkontaktrungen 12 in der unteren Isolationsschicht 2 und der Heizerfolie 1 mit an der Außenfläche der Heizerfolie 1 angebrachten Anschlußkontakte 11 verbunden. Da diese Anschlußkontakte 11 an dem von der Heizeinrichtung 3 abgewandten und deshalb relativ kühlen Ende der Heizerfolie 1 angebracht sind, besteht bei ihnen keine Gefahr, daß sie in der Umgebungsluft des Sensors oxidieren. Alternativ könnten die Zuleitungen 14 direkt aus der Einbettung zwischen den zwei Isolationsschichten 2, 4 herausgeführt sein, um die Heizeinrichtung 3 mit Strom zu versorgen. Eine weitere Alternative ist eine Ausführung mit einer durchgehenden außenliegenden Heizeinrichtung, die nur durch eine dichtsinternde Isolationsschicht abgedeckt ist, wobei die Anschlußkontakte frei bleiben.

Auf der zweiten Isolationsschicht 4 wird eine zweite Folie aus Zirkoniumoxid, als Referenzluftkanal 5 bezeichnet, angeordnet. Ein Referenzluftkanal 6 erstreckt sich über fast die gesamte Länge der Folie 5 von dem die Anschlußkontakte 11 tragenden "kalten" Ende des Sensors bis in den "heissen" Bereich oberhalb der Heizeinrichtung 3.

Auf dem Referenzluftkanal 5 wiederum ist eine Sensorfolie 8 angeordnet, die an ihren zwei Oberflächen eine innere beziehungsweise eine äußere Elektrode 7 beziehungsweise 9 in dem Bereich oberhalb der Heizeinrichtung 3 trägt. Die äußere Elektrode 9 ist durch eine poröse Schutzschicht 10 gegen die den Sensor umgebende Atmosphäre abgeschirmt.

Das Sinterverhalten des Magnesiumtitanatpulvers der Isolationsschichten 2 und 4 ist in Fig. 2 gemeinsam mit dem der ZrO<sub>2</sub>-Folien 1 beziehungsweise 5 gezeigt. Dabei ist an der Ordinate des Diagramms die Temperatur in °C und an der Abszisse die Schwindung in Prozent aufgetragen. Für die Messung des Schrumpfungsverhaltens von Magnesiumtitanatpulver wurden aus dem reinen Pulver unter 500 bar

axial gepresste Proben verwendet, die mit einer Aufheizrate von 100 K pro Stunde erhitzt wurden. Der Sinterbeginn des Magnesiumtitanats liegt mit ca. 1000°C auf dem gleichen Niveau wie bei den zur Herstellung von planaren Sensorelementen herkömmlicherweise verwendeten ZrO<sub>2</sub>-Folien mit Zusatz von SiO<sub>2</sub> und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Oberhalb von 1000°C nimmt die Schrumpfung zu und erreicht einen Wert von ca. 12% bei 1300°C, wie der Kurve 20 zu entnehmen ist.

- 10 Bei einer ersten Probe wurde der Aufheizprozeß bei 1300°C abgebrochen, und die Temperatur wurde zwei Stunden lang aufrechterhalten. Kurve 20A zeigt das weiter Sinterverhalten dieser Probe: Die Schrumpfung setzte sich fort bis zu einer Endrate von ca. 15%, die erhaltene Dichte des Sinterkörpers betrug 3,71 g/cm<sup>3</sup>. Bei zwei weiteren Proben wurde die Aufheizung bei 1350°C beziehungsweise 1375°C abgebrochen, und die daraufhin erreichte Temperatur zwei Stunden lang aufrechterhalten. Wie die zugehörigen Kurven 20B beziehungsweise 20C zeigen, ist das Sinterverhalten dieser Proben der erstgenannten sehr ähnlich. In beiden Fällen wurden Sinterkörper mit einer Dichte von 3,72 g/cm<sup>3</sup> erhalten.

Die theoretische Dichte von Magnesiumtitanat beträgt 3,88 g/cm<sup>3</sup>. Die Sinterkörper erreichten somit 95,9% dieser theoretischen Dichte. Das gesinterte Material weist daher eine geschlossene Porosität auf und ist somit gasdicht.

Kurve 21 zeigt zum Vergleich das Schrumpfungsverhalten einer in herkömmlicher Weise zur Herstellung eines Sensorelements verwendeten ZrO<sub>2</sub>-Folie. Diese Folie enthält neben den erwähnten Zusätzen von Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und SiO<sub>2</sub> und einer Yttrium-Stabilisierung in ungesintertem Zustand einen organischen Anteil, der die mineralischen Anteile bindet und die Folie handhabbar macht. Um diesem organischen Anteil Zeit zum Verbrennen und Ausgasen zu lassen, wurde die ZrO<sub>2</sub>-Folie zunächst bis auf ca. 800°C mit einer Aufheizrate von 30 K pro Stunde erhitzt. Eine Schrumpfung von ca. 2% der ZrO<sub>2</sub>-Folie im Temperaturbereich unterhalb 1000°C geht auf die Verbrennung dieses organischen Anteils zurück. Oberhalb 800°C wurde die Folie mit einer Aufheizrate von 90 K pro Stunde auf eine Endtemperatur von 1380°C erhitzt und auf dieser Temperatur fünf Stunden lang gehalten. Es wurde eine Enddichte der ZrO<sub>2</sub>-Folie von 5,86 g/cm<sup>3</sup> erreicht.

Der Sintervorgang setzt wie bei Magnesiumtitanat bei ca. 45 1000°C ein und ist bei knapp 1400°C im wesentlichen abgeschlossen. Das Sinterverhalten von ZrO<sub>2</sub> und Magnesiumtitanat stimmt somit nicht nur hinsichtlich der Schrumpfraten, sondern auch hinsichtlich der Temperaturen des Sintervorgangs überein. Würde man anstelle einer Probe aus reinem Magnesiumtitanat das Schrumpfungsverhalten einer dieses Material als mineralischen Anteil enthaltenden Siebdruckpaste messen, so wäre eine noch stärkere Ähnlichkeit der Schrumpfungscurven zu erwarten, als bei den Kurven 20, 21 gezeigt, denn in einem solchen Fall würde auch bei 50 der Magnesiumtitanat-Paste die Verbrennung des organischen Anteils zu einer Schrumpfung unterhalb von 1000°C in ähnlicher Größenordnung wie bei der ZrO<sub>2</sub>-Folie führen.

Fig. 3 zeigt den Verlauf der thermischen Ausdehnungskoeffizienten von gesintertem Magnesiumtitanat und gesinterter ZrO<sub>2</sub>-Folie in Abhängigkeit von der Temperatur. Die Temperatur in °C ist an der Ordinate, der thermische Ausdehnungskoeffizient in 10<sup>-6</sup> K<sup>-1</sup> an der Abszisse des Diagramms aufgetragen. Die Kurve 30 zeigt das Verhalten von Magnesiumtitanat, die Kurve 31 das der ZrO<sub>2</sub>-Folie. Der Ausdehnungskoeffizient des gesinterten Magnesiumtitanatkörpers beträgt bei 1100°C 10,4 × 10,6 K<sup>-1</sup> und entspricht damit dem von ZrO<sub>2</sub>. Im unteren Temperaturbereich treten nur geringe Abweichungen auf. Daher ergeben sich beim

Abkühlen von Verbundmaterialien aus  $ZrO_2$  und  $MgTiO_3$ , wie eben einem Sensorelement der oben beschriebenen Art, nur geringe bleibende Spannungen aufgrund von thermischer Fehlpassung.

Aufgrund der mit Bezug auf Fig. 2 und 3 dargestellten thermischen Eigenschaften von  $ZrO_2$  und  $MgTiO_3$  führt die Verwendung von Magnesiumtitannat zu einer erheblich geringeren Wahrscheinlichkeit von Ausschuß bei der Herstellung von Sensorelementen. Da die fertigen Sensorelemente arm an inneren Spannungen sind, ist auch die Wahrscheinlichkeit gering, daß Temperaturwechsel während des Betriebs der Sensorelemente zur Bildung von makroskopischen Rissen und zur Zerstörung der Sensorelemente führen. Die Empfindlichkeit gegen Temperaturschocks ist somit verringert.

Fig. 4 zeigt die Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit eines Sinterkörpers aus Magnesiumtitannat sowie, im Vergleich, die von gesintertem  $Al_2O_3$  und  $ZrO_2$ . An der Ordinate des Diagramms ist unten der Kehrwert der Temperatur in  $1000\text{ K}^{-1}$  und oben die Temperatur in K aufgetragen; an der Abszisse ist die Leitfähigkeit in  $S/cm$  angegeben. Gemessen wurde jeweils die Leitfähigkeit während des Aufheizens und Abkühlens einer Probe. Kurve 40 zeigt das Verhalten einer  $ZrO_2$ -Folie. Ab einer Temperatur von ca. 400 K ist eine Zunahme der Leitfähigkeit erkennbar. Im für die Anwendung eines keramischen Sensorelements als Lambda-Sensor interessierenden Temperaturbereich ab 1000 K beträgt die Leitfähigkeit des  $ZrO_2$  über  $1\text{ mS/cm}$ . Deshalb ist es notwendig, die Heizeinrichtung eines solchen Sensorelements gegen eine  $ZrO_2$ -Trägerfolie elektrisch zu isolieren. Kurve 41 zeigt die Leitfähigkeit eines in herkömmlicher Weise hierfür verwendeten Aluminiumoxids. Sie steigt erst bei ca. 650 K kontinuierlich an und erreicht im Temperaturbereich 1000 bis 1200 K eine Leitfähigkeit von ca.  $10^{-6}$  bis  $10^{-5}\text{ S/cm}$ .

Die Kurve 42 zeigt die Leitfähigkeit von Magnesiumtitannat. Sie beginnt wie die von Aluminiumoxid, ab einer Temperatur von ca. 650 K kontinuierlich zuzunehmen. Die Zunahme verläuft etwas steiler als bei Aluminiumoxid und erreicht bei 1200 K eine Leitfähigkeit von ca.  $1 \times 10^{-4}\text{ S/cm}$ . Im interessierenden Temperaturbereich liegt die Leitfähigkeit ungefähr zwei Größenordnungen unter dem Wert von  $ZrO_2$ . Magnesiumtitannat hat also auch bei hoher Temperatur eine ausreichende Isolationsfähigkeit.

Die Erfindung ist oben zwar schwerpunktmäßig mit Hinblick auf die Verwendung von Magnesiumtitannat als mineralischem Anteil der Siebdruckpaste, beziehungsweise der Isolationsschicht eines unter Verwendung der Siebdruckpaste hergestellten Sensorelements beschrieben worden, es wird jedoch erwartet, daß andere magnesiumhaltige Oxide, insbesondere Mischungen aus  $MgTiO_3$  mit Forsterit, Spinell oder  $MgO$  ähnlich vorteilhafte Eigenschaften aufweisen.

#### Patentansprüche

1. Siebdruckpaste für die Fertigung von planaren keramischen Elementen, einen mineralischen Anteil, Lösungs- und Hilfsmittel enthaltend, dadurch gekennzeichnet, daß der mineralische Anteil im wesentlichen  $MgTiO_3$  oder ein Gemisch von  $MgTiO_3$  mit Spinell, Forsterit oder  $MgO$  ist.
2. Paste nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie zwischen 20 und 70 Gew.-% mineralischen Anteil, zwischen 20 und 70% Lösungsmittel, zwischen 1 und 15 Gew.-% Binder und zwischen 1 und 15 Gew.-% Weichmacher umfaßt.
3. Paste nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß sie ca. 40 Gew.-% mineralischen Anteil, ca. 55

- Gew.-% Lösungsmittel, ca. 7 Gew.-% Binder und ca. 3 Gew.-% Weichmacher umfaßt.
4. Verfahren zum Herstellen eines Sensorelements, bei dem ein Rohling des Sensorelements hergestellt wird, indem eine Heizeinrichtung (3) auf einer Trägerfolie (1) auf Grundlage von  $ZrO_2$  in eine Isolermasse (4) eingebettet wird, und der Rohling gesintert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolermasse (2, 4) einen mineralischen Anteil auf Grundlage eines magnesiumhaltigen Oxs aufweist.
  5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das magnesiumhaltige Oxid  $MgTiO_3$  oder ein Gemisch von  $MgTiO_3$  mit  $MgO$ , Spinell oder Forsterit ist.
  6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der mineralische Anteil  $MgTiO_3$ -Pulver mit einer mittleren Korngröße von ca. 1,5–2,5  $\mu\text{m}$  ist.
  7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sinterung bei einer Temperatur zwischen 1000 und 1400°C, insbesondere bei einer Maximaltemperatur von 1385°C durchgeführt wird.
  8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolermasse eine Paste nach einem der Ansprüche 1 bis 4 ist.
  9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine erste Schicht (2) der Paste auf die Trägerfolie (1) gedrückt ist, die Heizeinrichtung (3) auf die erste Schicht (2) gedrückt wird und eine zweite Schicht (4) der Paste auf die Heizeinrichtung (3) gedrückt wird, um letztere einzubetten.
  10. Sensorelement mit einem Träger (1) auf Grundlage von  $ZrO_2$  und einer gegen den Träger isolierten und luftdicht eingeschlossenen Heizeinrichtung (3) dadurch gekennzeichnet, daß die Heizeinrichtung (3) in einen Körper (2, 4) auf Grundlage eines magnesiumhaltigen Oxs eingebettet ist.
  11. Sensorelement nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das magnesiumhaltige Oxid  $MgTiO_3$  oder ein Gemisch von  $MgTiO_3$  mit  $MgO$ , Spinell oder Forsterit ist.
  12. Sensorelement nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Körper (2, 4) aus  $MgTiO_3$ -Pulver mit einer mittleren Korngröße von ca. 1,5–2,5  $\mu\text{m}$  gesintert ist.
  13. Sensorelement nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Lambda-Sensorelement ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

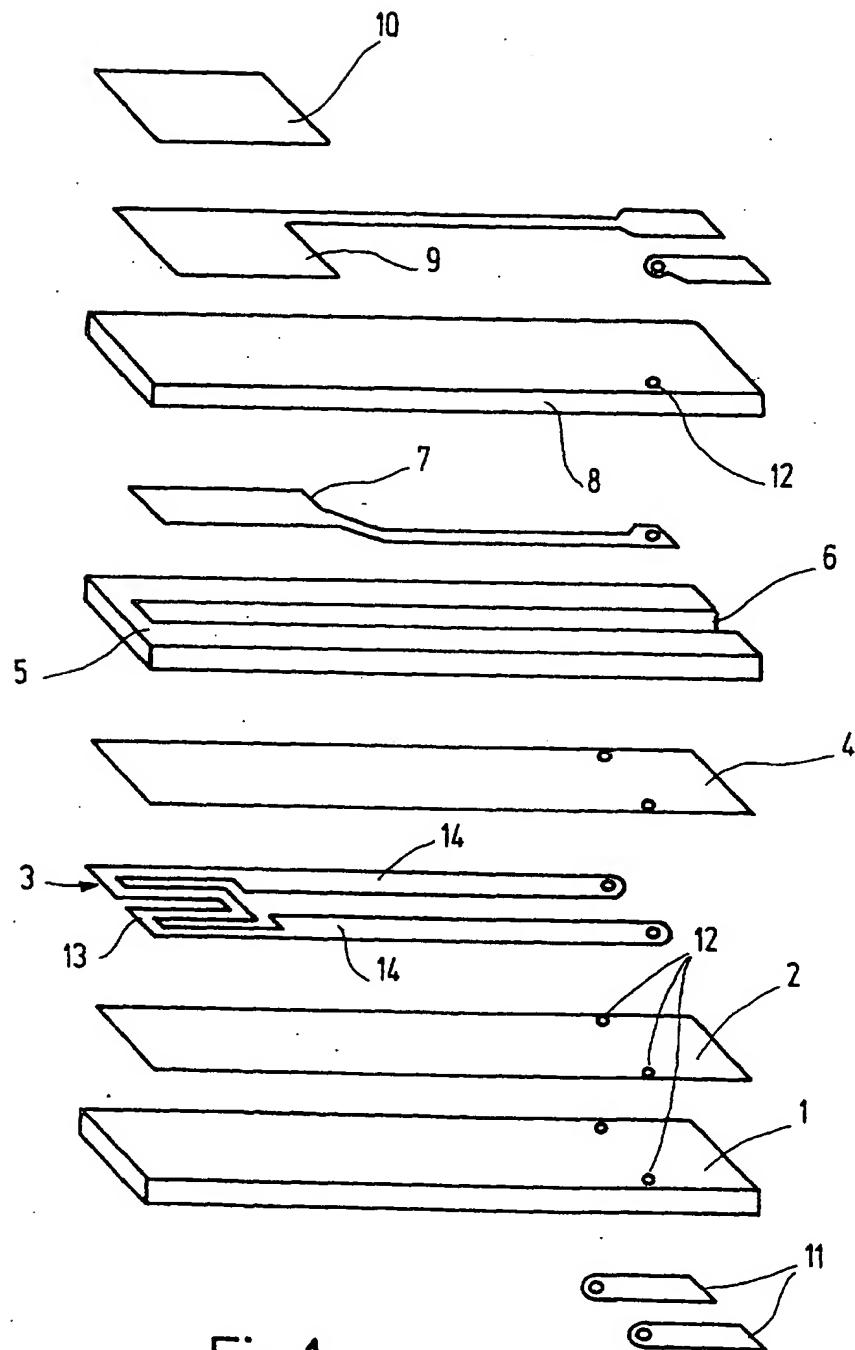


Fig. 1

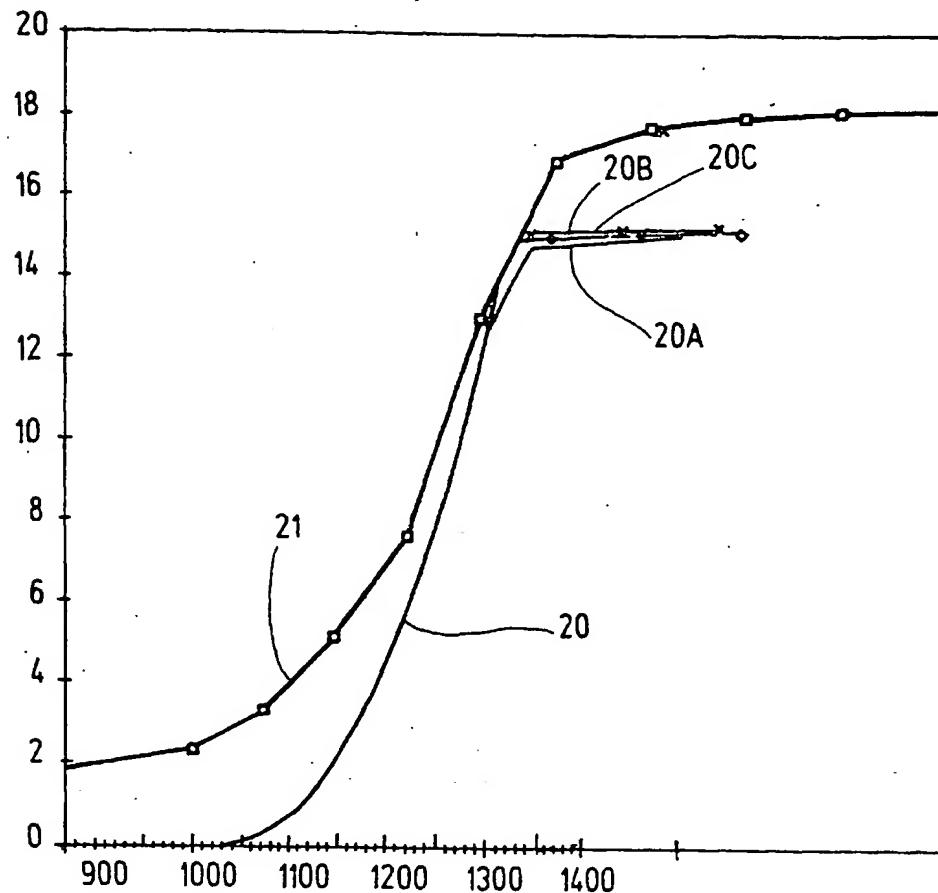


Fig.2

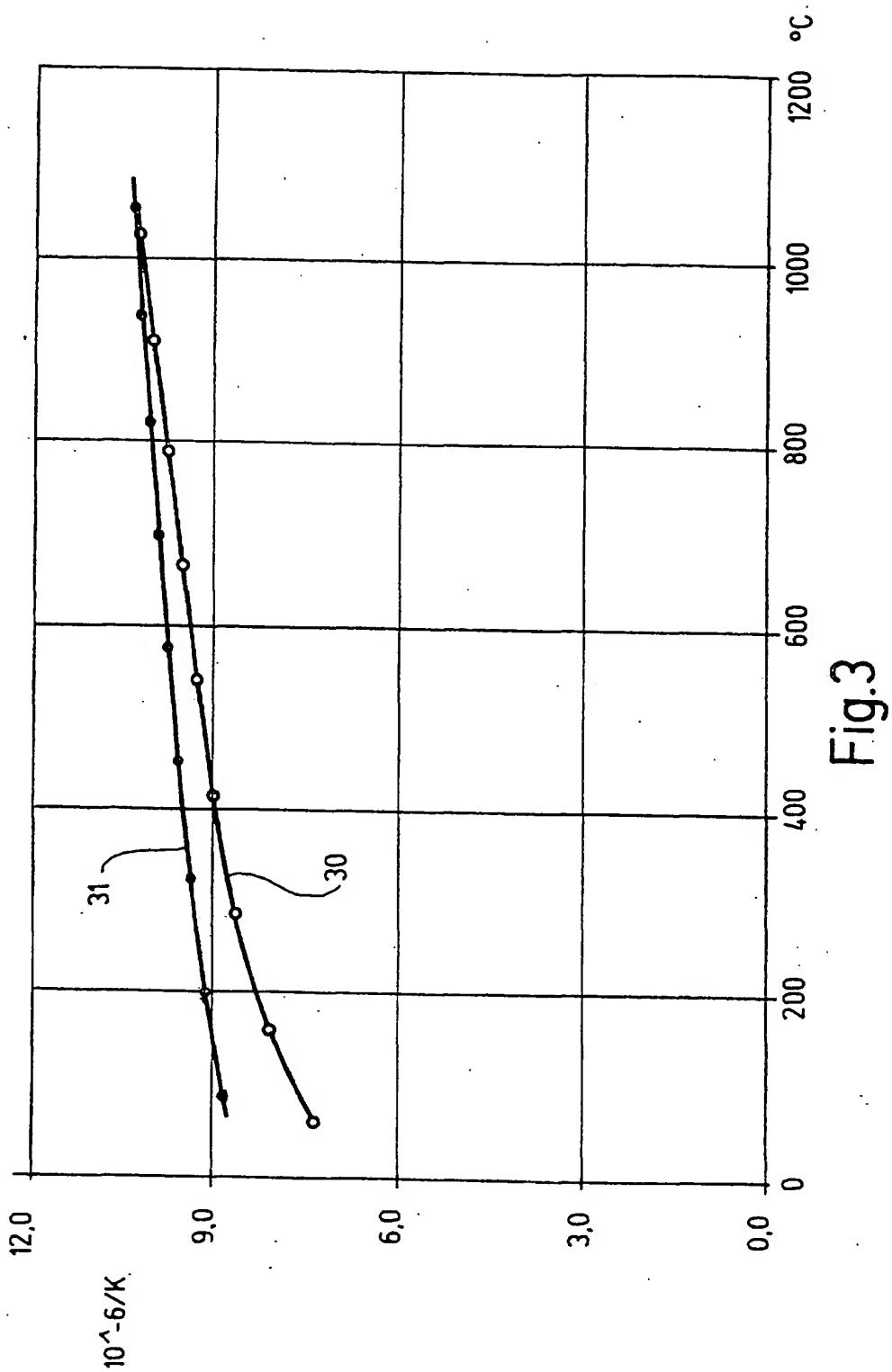


Fig.3

Fig.4

